



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Energibyen Fredrikshavn

*Visualisering og systemanalyse*

Østergaard, Poul Alberg; Kjems, Erik

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Østergaard, P. A., & Kjems, E. (2010). *Energibyen Fredrikshavn: Visualisering og systemanalyse*. Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Projektet Energibyen Frederikshavn: 100% VE-Forsyning

# Energibyen Frederikshavn

## - Visualisering og Systemanalyse



Poul Alberg Østergaard og Erik Kjems

Aalborg Universitet

Energibyen Frederikshavn  
- Visualisering og Systemanalyse

© Poul Alberg Østergaard og Erik Kjems

Juni 2010

Forside: Skærbillede fra visualiseringsmodellen

Udgiver:  
Institut for Samfundsudvikling og Planlægning  
Aalborg Universitet  
Fibigerstræde 13  
9220 Aalborg Ø

ISBN 978-87-91830-51-8

Pdf-udgave af udgivelse: [www.energyplanning.aau.dk/Publications/Frederikshavn](http://www.energyplanning.aau.dk/Publications/Frederikshavn)

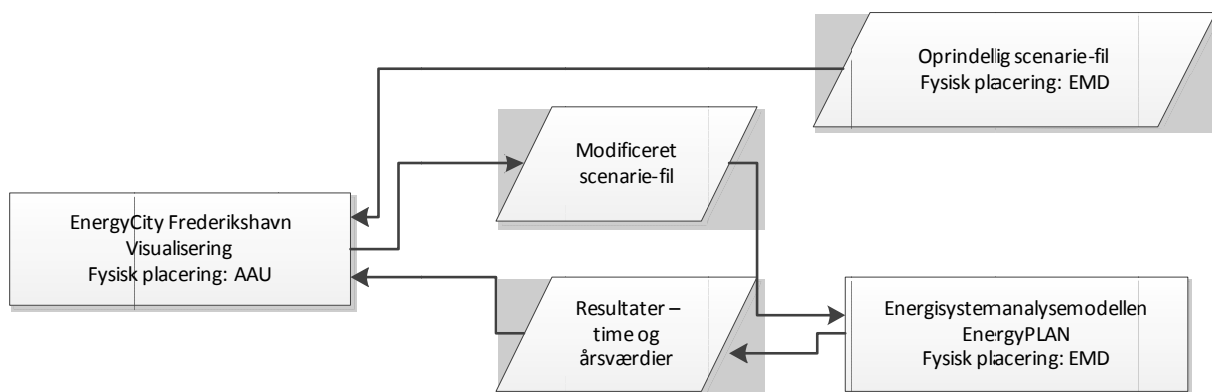
## Forord

I forbindelse med Energy Camp 2006<sup>1</sup> blev det forestået, at Frederikshavn skulle blive Danmarks vedvarende energiby. Dette forslag blev taget op af Frederikshavn Byråd, og som del heraf blev projektet "Energibyen Frederikshavn" gennemført i perioden juli 2008 til juni 2011. Projektet er finansieret af Den Europæiske Regionalfond (Vækstforum), PSO F&U-midler v/Energinet.dk og Frederikshavn Forsyning. Projektet har været ledet af Frederikshavn Kommunes Energibysekretariat og har, via samarbejde og afholdelse af årlige konferencer og energiuger, omfattet en dialog med relevante aktører og lokalsamfundet generelt. Resultatet af dette projekt er dels en vision for energisystemet og dels etableringen af en interaktiv 3D-visualiseringsmodel af det fremtidige energisystem i Frederikshavn. Dette notat beskriver denne visualiseringsmodel.

## Overordnet om energisystemanalysemodellen

Energisystemet er beskrevet i et scenarie, der er udarbejdet i energisystemanalysemodellen EnergyPLAN. Som udgangspunkt er scenariet et fremtidsscenario, men scenariet kan lige så vel beskrive den nuværende situation eller for den sags skyld en tidligere situation.

Alternative scenarier kan udarbejdes i modellen energyPLAN, der kan hentes gratis på [energy.plan.aau.dk](http://energy.plan.aau.dk), men de skal fysisk placeres på en server ved firmaet EMD i Aalborg, for at kunne anvendes i EnergiBy Frederikshavn Visualiseringsmodellen<sup>2</sup> - forkortet EFV.



EFV henter denne scenariefil ved opstart, og det er med udgangspunkt i denne, at brugere derefter kan modellere visse ændringer i energisystemet.

Når brugeren har foretaget de ønskede ændringer og trykker på **Submit** sendes modificerede scenariedata til en on-line version af energyPLAN, der beregner energisystemet for hver enkelt time i et år. Dernæst returneres timeværdier for elforbrug og elproduktion samt årlige indikatorer. Timeværdier vises som kurver mens årlige værdier vises som tal.

Ved tryk på **Reset** vender modellen tilbage til de oprindelige værdier fra scenariet.

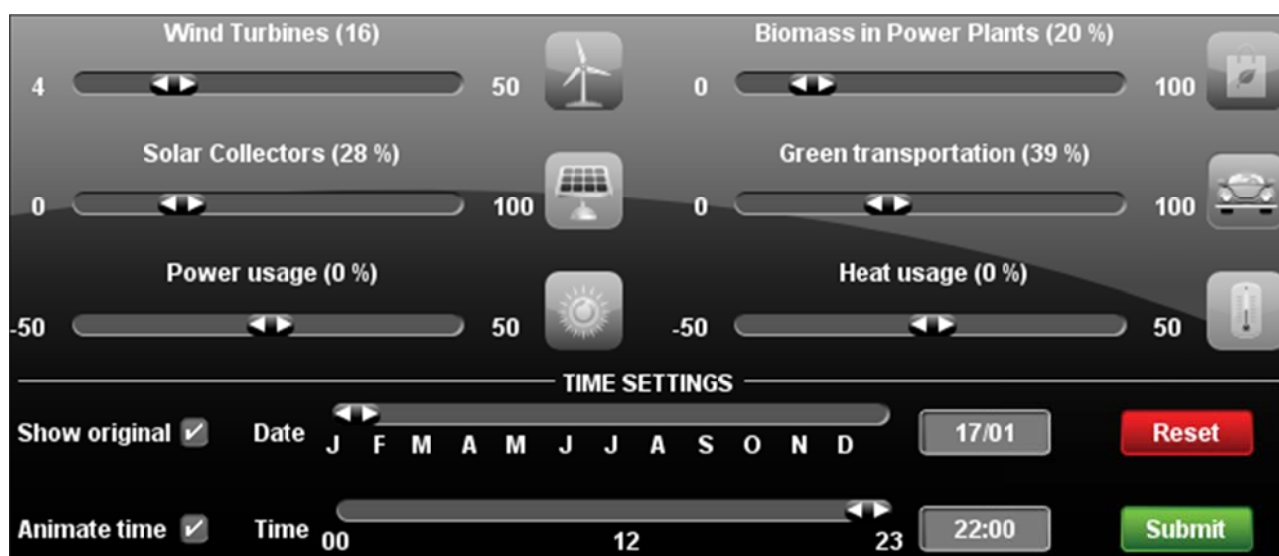
<sup>1</sup> Se [www.energycamp.dk](http://www.energycamp.dk)

<sup>2</sup> <https://www.3dgi.dk/cms/wiki/288-DSY/331-DSY.html?branch=1&language=1>

## Muligheder for at ændre på scenariet

Der er seks forskellige faktorer, man som kan ændre på i beskrivelsen af energiscenariet. Alle seks ændres ved at trække i en skyder som vist i grafikken fra programmet herunder. Som udgangspunkt står de på den værdi, der p.t. er i scenariet.

Hvis cursor bevæges hen over skyder eller andre dele af grafikken, gives en kort beskrivelse af de enkelte komponenter.



*Wind turbines* angiver hvor mange vindmøller med en størrelse på 2,3 MW der opstilles.

*Biomass in power plants* varierer graden af biomasse i kraftværkerne gående fra 0 til 100% af forbruget. Den resterende mængde af brændselsforbruget dækkes af fossile brændsler. Den indbyrdes relative fordeling mellem forskellige fossile brændsler forbliver den samme som i scenariet, uanset om der skrues op eller ned for biomasseanvendelsen. Hvis der ikke i udgangspunktet (det oprindelige scenarie) er angivet, hvilket brændsel kraftvarmeværkerne kører på, antages det at være naturgas.

*Solar collectors* varierer graden af bygninger med 4 m<sup>2</sup> solfangere opsat. Hver kvadratmeter antages at levere 1200 KWh/år, og at have en virkningsgrad på 50% og de opsættes på mellem 0 og 100% af i alt 7223 bygninger i Frederikshavn. Disse bygninger er fordelt på 456 som er tilkoblet decentralt fjernvarmenet, 6387 huse tilkoblet det centrale fjernvarmenet i Frederikshavn og endelig 380 huse udenfor fjernvarmenet.

*Green transportation* varierer andelen af transportbehovet som dækkes med el, brint eller biobrændsel. Som udgangspunkt anvendes den samme relative fordeling mellem el, brint og biomasse, som der er i scenariet uanset om der skrues op eller ned for "grøn transport". Hvis der ikke er scenariet er nogen form for grøn transport specificeret, antages det, at fossil transport omlægges til elbiler ved omlægning til grøn transport. Specielt for elbiler er det antaget, at disse er tre gange mere effektive en brændselsbiler. Det betyder i praksis, at omlægges f.eks. 120 GWh fossil transport til 100% elbiler, så modelleres et elforbrug på 40 GWh.

Med *Power usage* kan elforbruget justeres fra 50% under til 50% over det niveau, der som udgangspunkt er scenariet. Modellen forholder sig ikke til, hvilke typer af elforbrugende apparater der anvendes mere eller

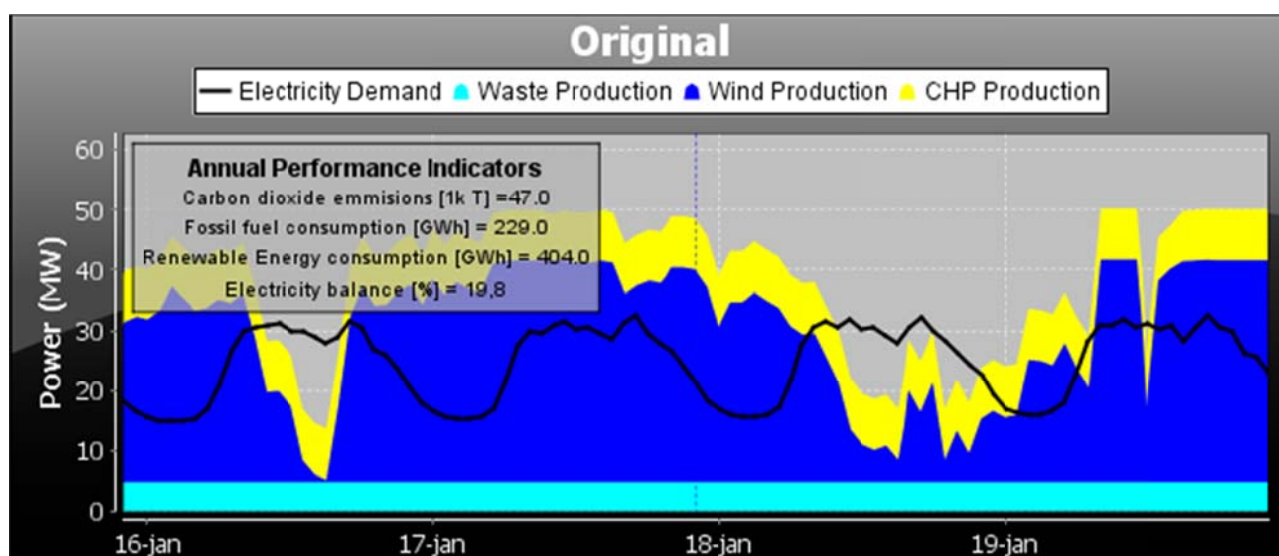
mindre herunder om der ændres på fordelingen hen over døgnet og året. Modellen anvendes den samme timefordeling af elforbruget uanset hvordan det modelleres i EFV

Med *Heat usage* kan varmemeforbruget tilsvarende justeres fra 50% under til 50% over det niveau, der som udgangspunkt er scenariet. Igen anvender modellen den samme fordeling over timer og år uanset om der skrues op eller ned for varmemeforbruget. I virkeligheden vil en nedsættelse af varmemeforbruget gennem isolering bevirke, at varmemeforbruget falder mere om vinteren end om sommeren, hvor der ikke anvendes varme til opvarmning, men det er fravalgt af hensyn til overskueligheden i denne model.

## Visning af resultater

Som nævnt vises både årlige resultater samt timeværdier i EFV. Timeværdierne vises grafisk for en periode af fire døgn for derigennem at vise systemets dynamik og hvad der f.eks. sker hvis vinden blæser eller ikke blæder hhv. sommer eller vinter.

Ved at vælge **Show original** ☒ kan man se både de originale data fra scenariet, samt de modificerede data som er kommet med udgangspunkt i de ændringer brugeren har foretaget. Man kan derved både grafisk og ud fra årlige værdier se, hvordan systemet påvirkes af en given ændring.



Hvad angår timeværdierne, kan man enten vælge at se en animation ved hjælp af **Animate time** ☒; hvorved modellen viser en hurtig gengivelse af tiden eller ved at vælge et specifikt tidspunkt ved hjælp af dato- og tidsskyderne.

Der vises alene timeværdier for elproduktion og elforbrug da specielt disse er kritiske for energisystemer, da der kræves balance mellem forbrug og produktion hvert eneste øjeblik. Til sammenligning er f.eks. fjernvarmeforsyning meget mindre kritisk.

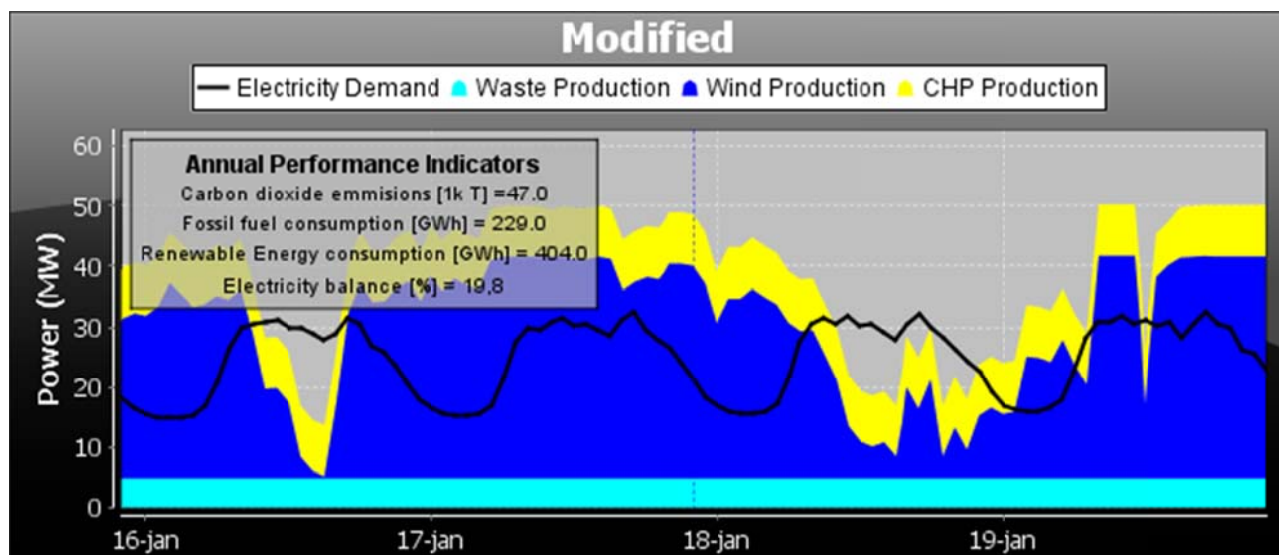
Med sort vises elforbruget, med cyan vises elproduktion fra affaldsforbrændingsanlæg, med blå vises vindkraft og endelig vises med gult elproduktionen fra kraftvarmeværker. Kraftvarmeværker betegnes CHP



som er den engelske forkortelse af Cogeneration of Heat and Power. Bemærk at elproduktionen fra affaldsforbrændingsanlæg ofte er konstant, hvilket skyldes, at for at opnå en tilstrækkelig god forbrænding af affald, så kræves en kontinuert produktion.

I en lille tabel vises de årlige udledninger af CO<sub>2</sub> samt det årlige forbrug af fossile energiresourcer samt vedvarende energiresourcer. Forbruget af fossile energiresourcer omfatter også import og eksport af elektricitet, som i scenariet antages at hhv komme fra eller mindske produktionen på et elværk baseret på fossile brændsler.

Endelig returneres en indikator for hvor godt energisystemet er til at finde balancen mellem elproduktion og elforbrug. Denne er defineret som den samlede årlige import plus den samlede årlige eksport delt med det samlede årlige elforbrug i området. En værdi på 0% betyder således, at der hverken er import til eller eksport fra området, og at systemet således er tilstrækkeligt fleksibelt til at det kan operere uden hjælp fra omverdenen.



## Geografisk navigation i modellen

Som udgangspunkt er der i systemet valgt et såkaldt "point of view" (POV), der er valgt ud fra at give det bedste view over modellen i forbindelse med de ændringer af energiproduktionen eller energiforbruget, man ønsker. Rører man således ved den skyder, der ændrer antallet af vindmøller, så får man et view udefra vandet og ind mod vindmøllerne og byen. Dette view er ganske godt til at opfatte de ændringer, der sker i modellen. På samme måde er der valgte tilsvarende point of views, som gør det enklere at opfatte de andre visuelle ændringer af energisystemet.



Som udgangspunkt er positionen for dette view låst. Dvs. man kan ikke umiddelbart flytte sig væk fra dette sted ved at benytte musen. Ved at klikke på venstre museknap og bevæge musen kan man kigge i forskellige retninger, men altså ikke bevæge sig væk.

Der er to væsentlige tastaturknapper, som man bør huske. Den ene er ESC knappen, som løsner eller også låser navigationen. Et tryk på ESC knappen vil derfor give mulighed for at bevæge sig frit rundt. Den anden er mellemrumstasten, som stopper bevægelsen øjeblikkeligt. Sidste mulighed benyttes ofte, når man har accelereret sin bevægelse for voldsomt op. Se også en sammenstilling af mulige tastaturfunktioner nederst.

Navigationen i systemet er designet specielt til navigation i virtuelle verdener, der tager udgangspunkt i jordkloden, som vi har kaldt "Geo Embedded Navigation", og ligner ikke det man kender fra f.eks. spil e.l.

Hovedelementerne er:

- At retningen op eller ned altid er i forhold til jordens tyngdeakse
- At man derfor ikke bevæger sig ud ad en tangent men har en konstant højde i forhold til jordoverfladen
- At Man ikke kan rulle fra side til side, men kun kan se ned og op.
- At bevægelseshastigheden er afhængig af ens højde over jordens overflade. Er man tæt på jordens overflade, bevæger man sig langsomt. Omvendt er man langt væk bevæger man sig hurtigt.
- At man kan igangsætte en bevægelse og herefter se sig omkring, mens man flyver hen over landskabet.

Resultatet er, at man kan fint kan bevæge sig rundt i et mindre lokalområde og alligevel bevæge sig rundt på jordkloden. Sammenligner man navigationen med den man f.eks. forefinder i Google Earth er vores langt mere intuitiv og enklere og kan udføres alene med musen.



Museaktiviteten kan således benyttes til fire bevægelser:

**Kigge sig omkring:**

Venstre musetast aktiveres og musen bevæges

**Bevæge sig frem eller tilbage:**

Scroll-hjulet presses ned, og musen bevæges frem eller tilbage. Det svarer til at give sig selv et skub. Des flere skub des hurtigere bevæger man sig.

**Zoome:**

Kører man scroll-hjulet frem eller tilbage, svarer det til at trække sig nærmere eller flytte sig længere væk langs bevægelsesretningen

**Bevæge sig op eller ned:**

Klik på højre musetast og bevæg musen hhv. frem ~ op, eller tilbage ~ ned. Også her "skubbes"

Den igangsatte bevægelse (skubbevægelsen) kan stoppes ved at klikke samme sted på musen igen. Bevæger man sig f.eks. ned, så kan bevægelsen stoppes ved kort at klikke højre musetaste igen.

Et par ekstra funktioner, man kan bruge er følgende:

Tryk **ESC**: Frigør navigationen til fuld bevægelighed, eller låser den.

Tryk **1**: For at komme tilbage til udgangspunktet

Tryk **0**: For at øge musens sensitivitet

Tryk **9**: For at reducere musens sensitivitet

Tryk **Q**: For at afslutte

Tryk på **mellemlumstasten**: For at stoppe enhver bevægelse i modellen